



Lembar Pengesahan

ii

Halaman Persembahan

iii

Kata Pengantar

iv

Intisari

v

Lembar Soal

vi

Daftar Isi

vii

Daftar Gambar

xvi

Daftar Notasi

xx

BAB I : PENDAHULUAN

1

I.1. Latar Belakang Masalah

1

I.2. Pemilihan Tipe Mesin

3

I.3. Ruang Lingkup Pembahasan

7

I.3.1. Sistem Suspensi

8

I.3.2. Gandar Depan

9

I.3.3. Sistem Pengereman

9

I.3.4. Sistem Kemudi

9

I.3.5. Chassis / Rangka

9

I.4. Metode Perancangan

10

BAB II : SISTEM SUSPensi

11

II.1. Pendahuluan

11

II.2. Pegas Daun

13

II.2.1. Pendahuluan	13
II.2.2. Pemilihan Bahan Pegas	19
II.3. Pegas Depan	21
II.3.1. Menentukan P_{wif}	22
II.3.2. Menentukan P_{brf}	22
II.3.3. Menentukan P_{sff}	24
II.3.4. Penghitungan defleksi, tegangan dan gaya pada pegas	26
II.3.5. Analisa terhadap pengaruh torsi pada pegas daun	31
II.3.6. Pengaruh gaya horisontal longitudinal pada pegas utama	32
II.3.7. Pengaruh gaya lateral pada pegas utama	35
II.3.8. Menentukan geometric deflection dari shackle	36
II.3.9. Menentukan spring wind-up	37
II.3.10. Menentukan roll stiffness	37
II.3.11. Perencanaan pena	38
II.3.12. Perencanaan baut penetap (<i>clamp screw</i>)	43
II.4. Pegas Belakang	45
II.4.1. Menentukan P_{wtr}	45
II.4.2. Menentukan P_{btr}	46
II.4.3. Menentukan P_{sfr}	47
II.4.4. Menentukan P_{trr}	48
II.4.5. Penghitungan gaya, tegangan dan defleksi pegas belakang	49
II.4.6. Analisa terhadap pengaruh torsi pada pegas daun	53
II.4.7. Analisa terhadap pengaruh P_{btr} , P_{sfr} dan P_{trr} pada pegas daun	54
II.4.8. Perencanaan coiled-bending spring	58



II.4.9. Menentukan geometric deflection dari shackle

64

II.4.10. Menentukan spring wind-up

64

II.4.11. Menentukan roll stiffness

65

II.4.12. Perencanaan pena

65

II.4.13. Perencanaan baut penetap (*clamp screw*)

70

II.5. Peredam kejut

70

II.5.1. Prinsip kerja peredam kejut

71

BAB III : GANDAR DEPAN

76

III.1. Pendahuluan

76

III.2. Bagian – bagian dari gandar depan

77

III.2.1. steering head

77

III.2.2. Spring pad

78

III.2.3. Steering knuckle

79

III.3. Analisis terhadap batang gandar

80

III.4. Pengaruh momen dan torsi pada penampang batang di titik A

83

III.4.1. Tinjauan terhadap tegangan tarik, desak dan geser

84

III.4.2. Pengaruh momen arah horisontal

85

III.4.3. Pengaruh torsi terhadap penampang batang

86

III.5. Pengaruh momen dan torsi pada penampang batang di titik B

90

III.5.1. Pengaruh M_{VB} dan M_{sf} pada penampang batang

91

III.5.2. Pengaruh M_{HB} terhadap penampang batang

92

III.5.3. Pengaruh torsi terhadap penampang batang

93

III.5.4. Tinjauan terhadap sambungan antara flens dengan web

94

III.6. Perencanaan poros spindle / Wheel hub axle shaft	96
III.7. Perencanaan bantalan gelinding pada wheel hub axle shaft	98
III.7.1. Menentukan putaran roda = n	99
III.7.2. Perencanaan bantalan sisi terluar	99
III.7.3. Perencanaan bantalan sisi terdalam	100
III.8. Perencanaan knukle pin / king pin pada steering knukle	101
III.9. Perencanaan cotter pin antara king pin dengan steering head	104
III.10. Perencanaan bantalan pada sambungan antara steering head dengan steering knukle	105
III.10.1. Perencanaan trust bearing	106
III.10.2. Perencanaan bantalan luncur / bushing	108
 BAB IV : SISTEM KEMUDI	 111
IV.1. Pendahuluan	111
IV.2. Teori tentang mekanisme kemudi	112
IV.2.1. Metoda grafis	114
IV.2.2. Metoda analisis	115
IV.3. Susunan sambungan kemudi (<i>steering linkage</i>)	118
IV.4. Torsi dan gaya yang timbul pada sambungan kemudi	120
IV.5. Komponen – komponen sambungan kemudi	122
IV.5.1. Steering gear	123
IV.5.2. Perencanaan steering shaft	129
IV.5.3. Steering arm shaft (<i>sector shaft</i>)	133
IV.5.4. Steering arm (<i>drop arm</i>)	138

IV.5.5. Drag link dan adjustable link	140
IV.5.6. Knukle arm	143
IV.5.7. Tie rod	145
IV.5.8. Steering connector	148
IV.5.9. Steering stop	152
IV.5.10. Steering wheel (<i>hand wheel</i>)	153
IV.6. Sistem pengarahana roda depan	153
IV.6.1. King pin inclination	153
IV.6.2. Camber	155
IV.6.3. Toe-in atau gather	156
IV.6.4. Wheel caster	157
IV.7. Kecepatan karakteristik kendaraan saat berbelok	158
IV.7.1. Radius putar	160
IV.7.2. Karakteristik kendaraan saat berbelok	162
IV.8. Sistem power steering	167
IV.8.1. Prinsip kerja power steering unit	169
 BAB V : SISTEM PENEREMAN	 173
V.1. Pendahuluan	173
V.2. Sistem pengereman udara tekan (<i>air brake system</i>)	174
V.2.1. V-belt compressor	177
V.2.2. Governor	178
V.2.3. Reservoir	178
V.2.4. Application valve (<i>brake valve/ foot valve</i>)	179

V.2.5. Brake lines dan hose	183
V.2.6. Air dryer	184
V.2.7. Relay valve	185
V.2.8. Quick release valve	185
V.2.9. One way check valve	186
V.2.10. safety valve	187
V.2.11. Two way check valve	187
V.2.12. Low pressure indicator	188
V.2.13. Stoplight switch	188
V.2.14. Limiting valve	188
V.2.15. Brake chamber	189
V.3. Prinsip kerja tiap jenis pengereman	191
V.3.1. Service brake	191
V.3.2. Parking brake	192
V.3.3. Engine brake	194
V.4. Gaya – gaya yang bekerja pada kendaraan	196
V.4.1. Gaya hambat udara	198
V.4.2. Menentukan perlambatan optimum kendaraan	198
V.5. Menentukan gaya pengereman pada roda depan dan belakang	202
V.6. Perencanaan brake drum	203
V.6.1. Pendahuluan	203
V.6.2. Menentukan diameter brake drum	204
V.7. Menentukan gaya dan torsi pengereman pada brake drum	205
V.7.1. Menentukan torsi gesek total = M_R	206

V.7.2. Menentukan gaya tekan terhadap permukaan gesek	206
V.7.3. Menentukan tekanan permukaan rata – rata	207
V.7.4. Menentukan gaya gesek oleh brake shoe	208
V.7.5. Menentukan brake factor = BF	208
V.7.6. Restraining torque yang dilakukan oleh brake drum	209
V.8. Menentukan tekanan udara dalam brake valve dan brake chamber	209
V.8.1. Menentukan tekanan udara dalam brake valve	209
V.8.2. Torsi yang dilakukan oleh S-Cam	211
V.8.3. Menentukan gaya injak pedal rem	212
V.9. Menentukan umur sepatu rem	213
V.9.1. Energi kinetik yang diserap sepatu rem	214
V.9.2. Daya gesek rata – rata	214
V.9.3. Wearable Volume	215
V.9.4. Umur shoe lining rata – rata	215
V.10. Karakteristik pengereman	216
V.10.1. Efisiensi pengereman roda depan dan belakang	216
V.10.2. Stabilitas kendaraan akibat pengereman	218
V.10.3. Distribusi gaya pengereman agar roda tidak terkunci	221
V.11. Waktu dan jarak henti pengereman	223
V.11.1. Menentukan kecepatan maksimum kendaraan	223
V.11.2. Menentukan perlambatan maksimum	223
V.11.3. Menentukan waktu pengereman	224
V.11.4. Menentukan jarak henti pengereman	225
V.12. Dissipasi panas pada drum dan brake shoe	226

V.12.1. Energi kinetik yang diubah menjadi panas	227
V.12.2. Menentukan temperature yang terjadi	228
V.12.3. Cooling rates	230
V.13. Perencanaan coil spring pada komponen sistem pengereman	231
V.13.1. Coil spring brake valve	231
V.13.2. Pegas spiral brake chamber	233
V.13.3. Perencanaan pegas spiral pada brake drum	237
BAB VI : FRAME / CHASSIS	240
VI.1. Pendahuluan	240
VI.2. Pembebanan lengkung	242
VI.2.1. Tinjauan terhadap pembebanan lengkung pada side member	242
VI.2.2. Tinjauan terhadap momen lengkung	243
VI.2.3. Tinjauan terhadap tegangan lengkung	245
VI.2.4. Tinjauan terhadap tegangan geser	248
VI.3. Pembebanan puntir	250
VI.3.1. Tinjauan terhadap pembebanan puntir	250
VI.3.2. Sudut puntir pada elemen side dan cross member	256
VI.3.3. Tegangan geser pada penampang side dan cross member	260
VI.3.4. Tegangan puntir-lengkung pada flens	262
VI.3.5. Tegangan geser pada flens akibat beban puntir-lengkung	265
VI.3.6. Tegangan ekuivalen pada side dan cross member	268
VI.4. Sambungan antara long member dengan cross member	271
VI.4.1. Sambungan antara side member dengan cross member LX	272

VI.4.2. Sambungan antara side member dengan cross member

DP/ FR/ GS / HV 273

VI.4.3. Sambungan antara side member dengan cross member

CO/ EQ/ JV/ KW 277

BAB VII : STABILITAS 281

VII.1.Pendahuluan 281

VII.2.Stabilitas lateral 281

VII.2.1. Kondisi berjalan melewati belokan 283

VII.2.2. Kondisi diparkir pada jalan miring 286

VII.3.Stabilitas longitudinal 287

VII.3.1. Kendaraan diparkir pada jalan menurun 288

BAB VIII : KESIMPULAN 290

I. Sistem Suspensi 290

II. Gandar Depan 291

III. Sistem Kemudi 291

IV. Sistem Pengereman 292

V. Frame / Chassis 294

VI. Stabilitas 294

DAFTAR PUSTAKA 296

LAMPIRAN 297

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip suspensi	13
Gambar 2.2	Shackle tipe – Y	15
Gambar 2.3	Sealant / rubber dumper	16
Gambar 2.4	Spring eyes tipe up turned	16
Gambar 2.5	Pena silindris datar	17
Gambar 2.6	Center bolt atau ulir penetap	18
Gambar 2.7	Susunan pegas daun yang dijepit clinch clip	18
Gambar 2.8	Susunan pegas yang diikat U-bolt	19
Gambar 2.9	Gaya berat kendaraan dan gaya pengereman pada roda depan	21
Gambar 2.10	Gaya – gaya reaksi akibat gaya pengereman	23
Gambar 2.11	Gaya – gaya reaksi akibat gaya sentrifugal	25
Gambar 2.12	Skema gaya – gaya pada ujung pegas depan	33
Gambar 2.13	Skema gaya – gaya arah lateral pada pegas	35
Gambar 2.14	Sambungan pena dengan garpu shackle	38
Gambar 2.15	Sambungan garpu shackle dengan bracket	40
Gambar 2.16	Sambungan spring eye dengan bracket	42
Gambar 2.17	Skema susunan gaya – gaya pada pegas belakang	46
Gambar 2.18	Pengaruh gaya pengereman dan gaya traksi pada pelat utama	55
Gambar 2.19	Pengaruh P_{tr} pada pegas utama	57
Gambar 2.20	Pengaruh P_{sf} terhadap pegas utama	58
Gambar 2.21	Coiled – bending spring	59
Gambar 2.22	Pena pada coiled-bending spring	62
Gambar 2.23	Sambungan spring eye dengan garpu shackle	65
Gambar 2.24	Sambungan garpu shackle dengan bracket	67
Gambar 2.25	Sambungan spring eye dengan bracket	69
Gambar 2.26	Double tube dumper	72
Gambar 2.27	Prinsip kerja peredam kejut	75
Gambar 3.1	Steering head tipe reversed Elliot	77
Gambar 3.2	Spring pads pada gandar depan	78
Gambar 3.3	Steering knukle	79
Gambar 3.4	Ukuran penampang I-Beam	80
Gambar 3.5	Skema satu sisi gandar depan	80
Gambar 3.6	Skema momen dan torsi pada steering head	82
Gambar 3.7	Tegangan gesek dan tegangan lengkung pada penampang batang	83
Gambar 3.8	Tegangan geser dan lengkung pada penampang batang	85



Gambar 3.9	Tegangan geser akibat torsi	87
Gambar 3.10	Tinjauan terhadap titik di dalam penampang batang	89
Gambar 3.11	Momen dan torsi pada penampang I-Beam di dekat spring pad	90
Gambar 3.12	Tegangan geser dan lengkung akibat momen M_{VB} , M_{SF} , M_{HB}	94
Gambar 3.13	Tegangan geser pada flens dan sambungan flens dengan web	95
Gambar 3.14	Gaya – gaya pada wheel hub axle shaft	97
Gambar 3.15	Taper roller bearing	100
Gambar 3.16	Gaya – gaya yang bekerja pada king pin	102
Gambar 3.17	Cotter pin berbentuk taper	104
Gambar 3.18	Gaya – gaya yang terjadi pada steering knuckle	105
Gambar 4.1	Pure rolling dan lateral slip pada roda ketika berbelok	111
Gambar 4.2	Teori mekanisme kemudi ackermann	113
Gambar 4.3	Steering mechanism secara grafis	115
Gambar 4.4	Steering mechanism secara analitis	116
Gambar 4.5	Steering linkage pada bus	119
Gambar 4.6	Posisi kedua roda depan saat berbelok	120
Gambar 4.7	Minimalisasi efek buruk akibat defleksi pegas daun	123
Gambar 4.8	Steering gear assembly	125
Gambar 4.9	Poros kemudi	130
Gambar 4.10	Poros steering arm	133
Gambar 4.11	penampang parallel key	135
Gambar 4.11.a	Quill bearing dan cylindrical roller bearing	138
Gambar 4.12	Steering arm (drop arm)	139
Gambar 4.13	Double knuckle arm	143
Gambar 4.14	Tie rod assembly	146
Gambar 4.15	Integral connector	149
Gambar 4.16	Separate connector	150
Gambar 4.17	Ball and socket joint	150
Gambar 4.18	Steering stop	152
Gambar 4.19	King pin inclination	154
Gambar 4.20	Camber angles	155
Gambar 4.21	Toe-in	156
Gambar 4.22	Wheel caster	157
Gambar 4.23	Pengaruh gaya sentrifugal pada roda ketika berbelok	159
Gambar 4.24	Radius putar	160
Gambar 4.25	Neutral steer, under steer dan over steer	164
Gambar 4.26	Steady state handling	164
Gambar 4.27	Recirculating ball steering gear unit	169



Gambar 4.28	Prinsip kerja aliran fluida pada power steering unit	172
Gambar 4.29	Arrangement of conventional steering system	171
Gambar 4.30	Integral power assisted steering unit	172
Gambar 5.1	Basic air brake system	175
Gambar 5.2	Skema perpipaan dual air brake system	176
Gambar 5.3	Double cylinder compressor	177
Gambar 5.4	D-2 governor	178
Gambar 5.5	Reservoir / air tank	179
Gambar 5.6	Dual application valve	180
Gambar 5.7	Dual application valve saat kedua reservoir terisi	181
Gambar 5.8	Dual application valve pada posisi bekerja saat secondary circuit gagal	182
Gambar 5.9	Dual application valve pada posisi bekerja saat primary circuit gagal	183
Gambar 5.10	Sistem pengering udara tekan	184
Gambar 5.11	Relay valve	185
Gambar 5.12	Quick release valve	186
Gambar 5.13	One way check valve	186
Gambar 5.14	Safety valve	187
Gambar 5.15	Two way check valve	187
Gambar 5.16	Stoplight switch	188
Gambar 5.17	Limiting valve	189
Gambar 5.18	Brake chamber depan dan brake chamber belakang	190
Gambar 5.19	Service brake ketika release position dan braking position	190
Gambar 5.20	Brake chamber belakang	193
Gambar 5.21	Skema parking brake pipe menggunakan relay valve	194
Gambar 5.22	Skema engine compression brake components	195
Gambar 5.23	Butterfly valve	196
Gambar 5.24	Gaya – gaya pengereman yang terjadi	197
Gambar 5.25	S-Cam brake drum assembly	203
Gambar 5.26	Leading and trailing brake shoe assembly	205
Gambar 5.27	Tipe – tipe brake shoe	213
Gambar 5.28	Stabilitas kendaraan ketika roda depan / belakang terkunci	218
Gambar 5.29	Hubungan antara perlambatan dengan waktu henti pengereman	225
Gambar 6.1	Frame tipe tangga (ladder type)	240
Gambar 6.2	Jenis - jenis penampang side dan cross member	241
Gambar 6.3	Gaya gaya yang bekerja sepanjang side member	242
Gambar 6.4	Penyederhanaan frame sebagai sebuah batang yang dibebani	243
Gambar 6.5	Tegangan lengkung maksimum dan minimum pada penampang kanal	246
Gambar 6.6	Tegangan geser pada flens dan web untuk penampang kanal	250



Gambar 6.7	Elemen side dan cross member pada pembebanan puntir	250
Gambar 6.8	Dimensi penampang kanal dan cincin	252
Gambar 6.9	Dimensi penampang kanal telungkup	252
Gambar 6.10	Sudut puntir yang diderita struktur frame	256
Gambar 6.11	Torsi yang terjadi pada elemen long member dan cross member	258
Gambar 6.12	Puntiran yang diderita batang	259
Gambar 6.13	Tegangan geser akibat puntiran murni	260
Gambar 6.14	Tegangan puntir-lengkung pada batang	265
Gambar 6.15	Tegangan geser pada flens	266
Gambar 6.16	Sambungan long member dengan cross member LX	272
Gambar 6.17	Sambungan cross member DP,FR , GS dan HV dengan side member	273
Gambar 6.18	Sambungan antara cross member CO/ EQ/ JV/ KW dengan side member	278
Gambar 7.1	Skema pembelokan kendaraan	283
Gambar 7.2	Gaya – gaya yang terjadi saat kendaraan berbelok pada jalan datar	284
Gambar 7.3	Skema kendaraan saat diparkir pada jalan miring	286
Gambar 7.4	Skema kendaraan yang diparkir pada jalan menurun	287

DAFTAR NOTASI

- $A = F$ = luas penampang
- (a/g) = perlambatan pengereman
- b = lebar pegas daun atau lebar brake shoe
- BF = brake factor
- B_t = tinggi profil ban
- C = konstanta atau basic load rating (bearing)
- C_1 = panas jenis (rem)
- $C_{\alpha f/r}$ = cornerring stiffness
- D/d = diameter penampang
- D_r = diameter rim
- E = Modulus Elastisitas
- $E_{f,r}$ = efisiensi pengereman roda depan / belakang
- E_k = energi kinetik
- $F_{brf/r}$ = gaya pengereman pada roda
- $F_{y\alpha f/r}$ = cornerring force
- f = rolling friction
- f_l, f_n, f_t = faktor umur, kecepatan dan suhu pada bearing
- G = Modulus Geser
- $G.V.W$ = Gross Vehicle Weight
- h = tinggi titik berat kendaraan atau ground clearence
- h_a = tinggi titik berat gaya hambat udara



I Momen inersia polar terhadap pembebanan lengkung

i = perbandingan transmisi

J = momen inersia luasan terhadap pembebanan puntir

K_{bf} = perbandingan gaya pengereman roda depan terhadap gaya pengereman total

K_{us} = koefisien under steer

K_v, K_l, K_h, K_{wu} = Kekakuan pegas arah vertikal, lateral, horisontal dan wind-up

l = panjang pegas efektif

L_1, L_2 = jarak sumbu roda depan dan belakang terhadap titik berat kendaraan

$L = e, L_x$ = wheel base / lebar jejak depan

L_h = umur bantalan

M, M_b = Momen / Momen lengkung

m = gear module

M_k = tilting moment

N_R = daya gesek rata - rata

n, n_t = jumlah pelat pegas daun utama / jumlah pelat total

$P_{bf/r}$ = gaya pengereman satu roda depan / belakang

P_{cbs} = gaya pada coiled bending spring

P_{cr} = gaya tekan kritis pada kolom

P_R = gaya ekuivalen

P_{sf2}, P_{sff} = gaya sentrifugal arah lateral / gaya sentrifugal pada roda depan

P_t = gaya tarik aksial (pena)

P_{tr} = gaya traksi pada roda belakang

$P_{wf/r}$ = beban normal pada roda depan / belakang

P_{zul} = gaya tekan yang diijinkan



Q = setengah beban maksimum pada satu susunan pegas

q_1, q_2, q_3 = konstanta pegas spiral atau bearing

q_v = konstanta untuk bahan lining shoe

R, R_s, R_t = Overall suspension rate / suspension spring rate / tyre rate

R_a = gaya hambat udara pada penampang muka kendaraan

R_{min}, R_{opt} = radius putar minimum dan optimum

r_n = radius of gyration

S = torsional stiffnes

s = panjang flens

s_v = tebal shoe lining

SF = safety factor

S_{st} = jarak berhenti pengereman total

T = torsi / momen puntir

t = tebal pegas

$t_r, t_{dr}, t_{in}, t_{br}$ = reaction time, brake drive, intensity dan braking operation

U = gaya keliling gear

V_v = jumlah material shoe lining yang terkikis

v = kecepatan kendaraan

W_b, Z_H, Z_V = bending section modulus = momen tahanan lengkung

W_c = beban maksimum pada 1 roda depan

W_{fr} = beban normal pada gandar depan / belakang

W_{sp}, W_{us} = sprung weight / unsprung weight

W_{tf} = beban transfer akibat gaya sentrifugal

W_1, W_2 = komponen gaya berat kendaraan ketika di jalan miring



x, y = jarak titik yang ditinjau terhadap sumbu acuan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

z = jumlah lilitan pegas

α = sudut belokan sisi dalam atau sudut tekan pada roda gigi

β = sudut belokan sisi luar atau kemiringan belokan terhadap sumbu horisontal

δ_{rot} = koefisien massa yang berputar

ϕ = sudut puntir atau koefisien gesek antara sepatu rem dengan brake drum

γ = king pin inclination

λ = konstanta (rem)

η = efisiensi

λ_t = konstanta (roda)

μ, μ_l = koefisien gesek / koefisien gesek arah lateral

θ, θ_s = sudut knuckle arm / kemiringan jalan terhadap sumbu horisontal

θ_f, θ_t = suhu lebih pada bantalan luncur

ρ = tekanan permukaan (pena) atau lever ratio (rem)

ρ_i, ρ_o = tekanan udara masuk dan keluar brake valve

$\sigma_B, \sigma_b, \sigma_{bk}$ = tegangan tarik maksimum bahan / tegangan lengkung / tegangan patah

$\sigma_d, \sigma_f, \sigma_e$ = tegangan desak / tegangan luluh / tegangan ekuivalen

$\sigma_{nipping}, \sigma_v$ = tegangan nipping pelat pegas / tegangan ekuivalen

σ_y, σ_t = tegangan elastis bahan / tegangan tarik yang diijinkan

$\tau, \tau_{xy}, \tau_{xz}$ = tegangan geser yang diijinkan / komponen tegangan geser penampang

τ_t, τ_e = tegangan geser akibat pembebanan puntir / tegangan geser ekuivalen

ω = kecepatan sudut

